

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-306533

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.Cl.

H01J 35/08

H01J 9/14

H01J 35/18

(21)Application number : 11-371002

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
TOSHIBA ELECTRONIC
ENGINEERING CORP

(22)Date of filing : 27.12.1999

(72)Inventor : KUTSUZAWA HIROKI

(30)Priority

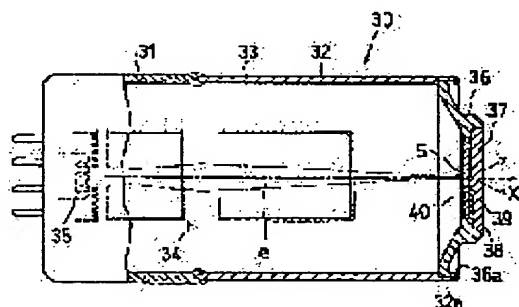
Priority number : 11041392 Priority date : 19.02.1999 Priority country : JP

(54) TRANSMISSIVE RADIATION-TYPE X-RAY TUBE AND MANUFACTURE OF IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a transmissive radiation-type X-ray tube having high reliability and a manufacturing method for it, by preventing an interfacial peeling between an X-ray transmission window plate and a target thin film.

SOLUTION: In a transmissive radiation-type X-ray tube 30, an intermediate thin film 39 of at least one layer made of at least one metallic element selected from copper, chromium, iron, nickel, or the like or a material taking these elements as a main component is formed between a beryllium-made X-ray transmission window plate 37 airtightly joined to a part of a vacuum container 33 and a tungsten-made target thin film 40 bonded to the surface on the vacuum side of the X-ray transmission window plate and for generating X rays by a physical vapor deposition method such as sputtering.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-306533

(P2000-306533A)

(43) 公開日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(51) IntCl.⁷

H 0 1 J 35/08

識別記号

F I

H 0 1 J 35/08

ターゲット(参考)

F

E

M

9/14

9/14

35/18

35/18

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-371002

(22) 出願日 平成11年12月27日(1999.12.27)

(31) 優先権主張番号 特願平11-41392

(32) 優先日 平成11年2月19日(1999.2.19)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71) 出願人 000221339

東芝電子エンジニアリング株式会社

神奈川県川崎市川崎区日進町7番地1

(72) 発明者 沓澤 宏樹

神奈川県川崎市川崎区日進町7番地1 東

芝電子エンジニアリング株式会社内

(74) 代理人 100081732

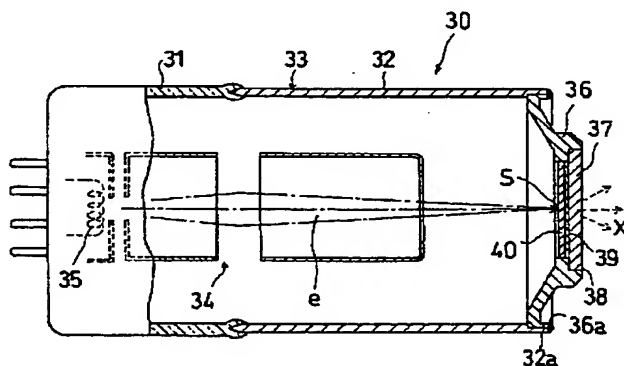
弁理士 大胡 典夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 透過放射型X線管およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、X線透過窓板とターゲット薄膜との間の界面剥離を未然に防止し、信頼性の高い透過放射型X線管およびその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 この発明は、真空容器33の一部に気密接合されたベリリウム製のX線透過窓板37と、このX線透過窓板の真空側の面に付着されX線を発生するタングステン製のターゲット薄膜40との間に、銅、クロム、鉄、或いはニッケル等から選択された少なくとも1つの金属元素またはそれを主体とする材料からなる少なくとも1層の中間薄膜39をスパッタリング等の物理的蒸着法で成膜したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器の一部に気密接合されたベリリウム製のX線透過窓板と、このX線透過窓板の真空側に設けられX線を発生するタングステンまたはタングステンを主体とする合金からなるターゲット薄膜と、前記X線発生用ターゲット薄膜に照射する電子ビームを発生する陰極構体とを具備し、上記X線発生用ターゲット薄膜から発生するX線を上記X線透過窓板を通して外部に放射させる構造の透過放射型X線管において、前記X線透過窓板と前記X線発生用ターゲット薄膜との間に、少なくとも1つの金属元素または該金属元素を主体とする材料からなる少なくとも1層の中間薄膜が前記X線透過窓板およびX線発生用ターゲット薄膜にそれぞれ密着して設けられていることを特徴とする透過放射型X線管。

【請求項2】 上記中間薄膜は、銅、クロム、鉄、ニッケル、シリコン、チタン、ジルコニウム、ニオブ、ロジウム、金、銀、或いはそれらを主体とする合金または化合物から選択された材質である請求項1記載の透過放射型X線管。

【請求項3】 上記中間薄膜は、上記ターゲット薄膜を構成している主体であるタングステンよりも原子番号が小さい金属元素または該金属元素を主体とする材料である請求項1記載の透過放射型X線管。

【請求項4】 上記中間薄膜は、その厚さが上記ターゲット薄膜の厚さの1/50、乃至、1/2の範囲である請求項1記載の透過放射型X線管。

【請求項5】 真空容器の一部に気密接合されたベリリウム製のX線透過窓板と、このX線透過窓板の真空側に設けられX線を発生するタングステンまたはタングステンを主体とする合金からなるターゲット薄膜と、前記X線発生用ターゲット薄膜に照射する電子ビームを発生する陰極構体とを具備し、上記X線発生用ターゲット薄膜から発生するX線を上記X線透過窓板を通して外部に放射させる構造の透過放射型X線管の製造方法において、前記X線透過窓板の前記X線発生用ターゲット薄膜が設けられ側の面上に、少なくとも1つの金属元素または該金属元素を主体とする材料からなる少なくとも1層の中間薄膜を成膜し、さらにこの中間薄膜上に上記X線発生用ターゲット薄膜を成膜することを特徴とする透過放射型X線管の製造方法。

【請求項6】 上記中間薄膜またはX線発生用ターゲット薄膜は、スパッタリング法、イオンプレーティング法、または真空蒸着法等の物理的蒸着法で成膜する請求項5記載の透過放射型X線管の製造方法。

【請求項7】 上記真空容器の一部を構成するX線透過窓保持用リングを予め用意し、このX線透過窓保持用リングに上記X線透過窓板を気密接合し、その後前記X線透過窓板の内面側に中間薄膜およびX線発生用ターゲット薄膜を順次成膜し、その後上記X線透過窓保持用リ

ングを真空容器の残りの部分に気密接合する請求項5記載の透過放射型X線管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、透過放射型X線管およびその製造方法に係わり、とくにその真空容器の一部を兼ねるX線放射窓板の内面に形成したX線発生用ターゲット薄膜の界面剥離を未然に防止するようにしたこの種X線管およびその製造方法に関する

【0002】

【従来の技術】X線管は、陽極ターゲットに電子ビームを衝突させてX線を発生する構成になっている。このX線管は、医療診断装置、非破壊検査や材料分析等の工業用など、多くの用途に利用されている。そして、用途に応じていろいろな種類のX線管が実用化されている。その1つに、微小焦点すなわちマイクロフォーカスX線発生源を得る透過放射型X線管がある。

【0003】このマイクロフォーカス透過放射型X線管の用途の一つは、半導体集積回路基板やその他の物体のX線透視拡大撮影装置である。その概略構成は、図7に示すように、X線遮蔽された装置ケース11の内部にX線管12が配置されている。そして、このX線管12のX線発生焦点位置Sから距離Laだけ離れた位置に半導体集積回路基板のような被撮影物体13が置かれる。また、この被撮影物体13の位置からさらに距離Lbだけ離れた位置に、X線イメージ管または固体X線センサのようなX線エリアセンサ14のセンサ面が位置するように配置されている。

【0004】X線管12には、ケース11に内蔵された電源15から動作電圧が供給されるようになっており、これは外部から制御される。また、X線エリアセンサ14のX線画像信号出力部16から出力されるX線画像信号は、画像処理装置を内蔵するモニタ17に送られ、画像表示部18に被撮影物体13のX線透視拡大撮影映像が表示されるように構成されている。

【0005】被撮影物体のX線撮影の拡大率Mは、概ね、 $M = (La + Lb) / La$ であらわされる。ただし、 $(La \ll Lb)$ となるように設定するため、距離Laを小さくするほど拡大率Mは大きくなる。また、X線管のX線発生源である焦点Sのサイズが小さければ小さいほど、解像度の高い鮮明なX線透視拡大撮影画像が得られることも自明である。

【0006】そのため、X線管の焦点S、すなわちX線発生ターゲット部分をできるだけ被撮影物体13の近くに配置して、距離Laを可能な限り小さくできる構成が望ましい。この目的には、X線発生ターゲット部がX線管の最先端に存在するマイクロフォーカス透過放射型X線管の使用が適する。

【0007】この型のX線管12は、図8に示すように、真空容器21の一方の側の金属円筒部の先端部に、

X線を透過するX線透過窓板22が真真空密に設けられている。この透過窓板22は、通常、ベリリウム(Be)などX線に対する透過率の高い材料で構成されている。また、このX線透過窓板22の真空側の面には、要部を拡大して示すように、タングステン(W)などからなる陽極ターゲット薄膜23が直接付着されている。そして、真空容器内の他方側のガラス部分内に電子ビームを発生する陰極24が配置され、それと電子レンズ用の複数個のグリッド電極からなる電子銃25が配置されている。

【0008】上記した構成において、陰極から発生されて電子銃25を経た電子ビームeは、陽極ターゲット薄膜23の位置で焦点Sを結ぶようになっている。そして、この陽極ターゲット薄膜で発生したX線がそのまま透過窓板22を通して外部に放射される。この放射X線を符号Xであらわしており、X線撮影に利用される。

【0009】このような装置或いはX線管は、例えば米国特許第5077771号明細書、日本特許第2713860号、同特許第2634369号、特公平7-50594号、特開平9-171788号、実公昭52-56778号、或いは実開昭54-163885号の各公報等に開示されている。

【0010】なお、透過放射型X線管の陽極ターゲットを構成するタングステン薄膜の膜厚は、X線管に印加する電圧によって最適な膜厚が相違している。たとえば、工業用に使用されるX線管の場合、X線管に印加される電圧は数十kV～百数十kVの範囲が一般的になっている。このような場合、陽極ターゲットを構成するタングステン薄膜の最適な膜厚は、数 μm ～10数 μm の範囲となる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、陽極ターゲットを構成するタングステン薄膜をベリリウム製X線透過窓板の内面に直接付着させた構造は、タングステン薄膜を形成する際に発生する薄膜中の残留応力、あるいは、透過窓板を構成するベリリウムとの熱膨張差などが影響して、ベリリウムとの間で界面剥離が起きやすく、不安定なものになりやすい。

【0012】とくに、マイクロフォーカス透過放射型X線管においては、タングステン薄膜に例えば直径が数十 μm またはそれ以下の略円形の焦点サイズとなる電子ビームを衝突させるため、この微小焦点部分で界面剥離が起こりやすい。この界面剥離が起こった場合には、電子ビームの局部照射によるタングステン薄膜の溶融や剥離物の飛散などにより、X線管の致命的な損傷に至る場合も考えられる。

【0013】この発明は、上記した欠点を解決するもので、X線透過窓板とターゲット薄膜との間の界面剥離を未然に防止し、信頼性の高い透過放射型X線管およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】この発明は、真空容器の一部に気密接合されたベリリウム製のX線透過窓板と、このX線透過窓板の真空側に設けられX線を発生するタングステンまたはタングステンを主体とする合金からなるターゲット薄膜との間に、例えば銅のような少なくとも1つの金属元素またはこの金属元素を主体とする材料からなる少なくとも1層の中間薄膜がこれらX線透過窓板およびX線発生用ターゲット薄膜にそれぞれ密着して設けられている透過放射型X線管である。

【0015】また、この発明の製造方法は、ベリリウム製X線透過窓板の内面上に、少なくとも1つの金属元素、例えば銅やクロム、鉄、或いはニッケル等から選択された金属元素またはこの金属元素を主体とする材料からなる少なくとも1層の中間薄膜、さらにこの中間薄膜上にX線発生用ターゲット薄膜を例えばスパッタリング等の物理的蒸着法で成膜することを特徴とする。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態について図1乃至図4を参照して説明する。同図に示すマイクロフォーカス透過放射型X線管30は、ガラス容器部分31および先端が閉じられた金属円筒容器部分32が真真空密に接合された真空容器33を備えている。この真空容器33の内部には、電子銃34が配置されている。この電子銃34は、電子ビームを発生する陰極35、および電子レンズ用の複数個のグリッド電極を備えている。なお、ここで説明するX線管の例は、電子ビーム加速電圧すなわち陰極と陽極ターゲット薄膜との間に印加される動作電圧が、50～70kVの範囲のものである。

【0017】さて、真空容器の金属円筒容器部分32の先端部は、X線放射窓保持用リング36に、X線透過率の高い材料であるベリリウム(Be)またはベリリウムを主体とする合金からなるX線透過窓37が、ろう材層38により真真空密にろう接されている。X線放射窓保持用リング36は、厚肉の鉄(Fe)、またはコバルト(商品名)やステンレス鋼のような鉄合金、或いは銅(Cu)または銅合金のような機械的に高強度の材料で形成されている。そして、そのテーパ状に外方に延長された外周薄肉部36aが、金属円筒容器部分の先端開口部32aにヘリアーク溶接により真真空密接合されている。

【0018】ベリリウム製のX線透過窓板37の内面すなわち真空領域側の面には、純銅(Cu)からなる中間薄膜39、およびタングステン(W)からなる陽極ターゲット薄膜40が、この順に成膜され、積層して付着されている。なお、このX線管の動作に際しては、従来技術で述べたと同様に、陰極35から発生され電子銃34を経た電子ビームeは、陽極ターゲット薄膜40の位置で焦点Sを結ぶようになっている。そして、この焦点位置で発生したX線は、そのままX線透過窓37を通して

符号Xで示すように外部に放射され、X線撮影等に利用される。

【0019】次に、X線透過窓板37、中間薄膜39および陽極ターゲット薄膜40の好ましい組立て、或いは成膜プロセスを、図3および図4により説明する。まず、図3の(a)に示すように、予め所定形状に加工した窓保持用リング36の開口部の段差36bに、ろう材として例えば銀が50%と銅が50%の銀合金ろう材を配置し、さらに厚さが約1mmのベリリウム製円板からなるX線透過窓板37を配置し、非酸化性雰囲気中で加熱処理し、溶融ろう材38による気密ろう接を行なった。

【0020】次に、これを図4に示すスパッタリング成膜装置50内に配置し、図3の(b)に示すように、窓保持用リング36に接合された状態のベリリウム製X線透過窓37の内面に、銅からなる中間薄膜39を、厚さがおよそ0.4μmとなるようにスパッタリング法により成膜し、直接付着させた。

【0021】次に、同じスパッタリング成膜装置内で、図3の(c)に示すように、銅からなる中間薄膜39の上に、タングステン薄膜40を、厚さがおよそ4μmとなるようにスパッタリング法により成膜し、付着させた。その後、このように中間薄膜およびタングステン薄膜を成膜したX線透過窓板37を有する窓保持用リング36を、図1に示したように、金属円筒容器部分の先端開口部32aに嵌め、両者の合致した薄肉円筒端部をヘリアーク溶接により真空気密に接合して真空容器とし、この真空容器内に電子銃等を組み入れ、排気工程等を経てX線管を完成させた。

【0022】図4に示すスパッタリング成膜装置50は、普通に知られた直流(DC)二極スパッタリング装置である。同図の符号51は真空または減圧容器、52、53はスパッタリング用のターゲット材、54はこれらターゲット材を固定するターゲット固定台、55はシールド、56は絶縁体、57はターゲット材を冷却するためにターゲット固定台中に循環させる冷媒、58はシャッタ、59は被成膜基板を載置する基板載置台、60は排気ポンプ、61はアルゴンガスのような放電用ガスの導入を制御する制御弁、62は直流電源をそれぞれあらわしている。

【0023】そこで、図3の(a)に示したベリリウム製のX線透過窓板37をろう接した窓保持用リング36を基板載置台59の上に載せて、減圧容器51とともに接地電位とする。一方、ターゲット固定台54には、銅からなるターゲット材52、およびタングステンからなるターゲット材53を置き換え可能に固定する。このターゲット固定台54には、直流電源62のマイナス極を電気的に接続してある。

【0024】そして、減圧容器51の内部を真空中に排気した後、矢印で示すように放電用ガス63を導入して例

えば10Pa程度の所定圧力に制御するとともに、直流電源62から例えば1kV程度の所定電圧を印加して減圧容器内に放電プラズマを発生させる。次に、シャッタ58を制御して、まず銅からなるターゲット材52からX線透過窓板37の面上に銅の中間薄膜を成膜する。

【0025】次に、タングステンからなるターゲット材53に置き換えて中間薄膜上にタングステンからなるターゲット薄膜を成膜する。こうして、図3の(c)に示したX線管の透過窓板37の内面に中間薄膜39およびターゲット薄膜40を連続的に積層して成膜する。

【0026】図5に示す実施例は、銅からなる中間薄膜39、およびタングステンからなるターゲット薄膜40を、ベリリウム製X線透過窓37の内面からさらに透過窓保持用リング36の内側テーパ面の途中まで延長してスパッタリング被覆したものである。これら中間薄膜およびターゲット薄膜の延長部分を、符号39a、40aでそれぞれあらわしている。

【0027】この実施例によれば、X線管の動作に何ら不都合がなく、むしろ中間薄膜39およびターゲット薄膜40の成膜に際して、マスキングを比較的ラフにしても差支えないという利点がある。

【0028】図6に示す実施例は、ベリリウム製X線透過窓板37の内面に2層39b、39cからなる中間薄膜39を積層して成膜し、その内面にターゲット薄膜40を成膜したものである。2層からなる中間薄膜39の材料は、例えばX線透過窓板側の中間薄膜39bを鉄(Fe)とし、ターゲット薄膜側の中間薄膜39cをチタン(Ti)としてもよい。それによって、熱膨張率が、X線透過窓板37であるベリリウムからターゲット薄膜40のタングステンに向かって大きい順に配列され、各層間の界面剥離が一層抑制される。

【0029】なお、中間薄膜39b、39cは、上記に限らず、例えば中間薄膜39bを金(Au)とし、中間薄膜39cをクロム(Cr)にすることもできる。或いはまた、中間薄膜39bを銅(Cu)とし、中間薄膜39cをタンタル(Ta)にすることもできる。その他、種々の組合わせが可能である。また、2層に限らず、3層またはそれ以上に積層することも可能である。

【0030】このように製作したマイクロフォーカス透過放射型X線管は、微小焦点X線の放射を長時間継続しても、X線透過窓板から銅製中間薄膜およびタングステン製ターゲット薄膜の界面剥離が起らず、高い信頼性が得られた。その主な理由は、X線透過窓を構成するベリリウム板と銅からなる中間薄膜とが比較的合金化しやすいことと、スパッタリング成膜法により、高いエネルギーでベリリウム製窓材に中間薄膜が高付着力で付着され、さらに同様にこの中間薄膜にタングステン製ターゲット薄膜が高付着力で付着されるとともに、これら各界面部分で下地金属中へのイオン打込み現象が存在しているものと考えられる。こうして、各界面で良好な密着性

が得られ、界面剥離が生じ難くなっているものと考えられる。

【0031】ところで、金属中への電子の進入深さは、よく知られるように、同じ金属であれば電子の加速電圧の n 乗に比例する。ここで、 n は約1.7である。そこで、X線管の陽極ターゲットがタングステンである場合は、30kVの加速電圧での電子の進入深さは約1 μ mであり、100kVの加速電圧での電子の進入深さは約8 μ mである。

【0032】そのため、上記実施例のように、陽極ターゲットを構成しているタングステン薄膜の厚さを約4 μ mにした場合は、50kVの加速電圧の動作での電子の進入深さはタングステン薄膜の表面から約2.5 μ mまで、70kVの加速電圧の動作ではタングステン薄膜の表面から約4 μ mすなわちタングステン薄膜の厚さ概ね全体に進入し、X線を効率よく放射するとともに、銅の中間薄膜やベリリウム製X線透過窓板までは電子が到達せず、不都合を引き起こすことが未然に防止される。

【0033】なお、中間薄膜としては、陽極ターゲット薄膜の主体金属であるタングステンよりも原子番号が小さい金属元素またはそれを主体とする合金や化合物を使用することが、発生したX線を不所望に吸収しなものでとくに望ましい。しかし、中間薄膜として原子番号が比較的高い材料を使用しても、その厚さを薄く成膜すれば、この中間薄膜で吸収するX線量は無視できる程度に小さくすることが可能である。一方、中間薄膜の存在によって、若干ではあるが、ターゲット薄膜からの熱放散性も高められる。

【0034】このような理由に基づいて、この種X線管の用途、動作中の電子ビーム加速電圧の範囲を考慮して、陽極ターゲットを構成しているタングステン薄膜の厚さを最適な厚さに製作することができる。また、陽極ターゲット薄膜の素材は、純タングステンに限られず、例えばレニウム(Re)を微量含むレニウム・タングステン合金や、モリブデン(Mo)を微量含むモリブデン・タングステン合金、あるいはその他の元素を微量含むタングステン主体の合金を使用してもよい。

【0035】一方、中間薄膜39は、材料として上述のように純銅(Cu)が好ましいが、それに限らず、他の元素を微量含んでもよく、あるいは次のような材料を使用できる。すなわち、例えばクロム(Cr)、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、シリコン(Si)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)、ニオブ(Nb)、ロジウム(Rh)、金(Au)、銀(Ag)、或いはこれらの少なくとも1つの金属元素を主体とする合金または化合物から選択された材料であってもよい。或いはまた、これらから選択された材料の薄膜の1層であることに限らず、複数の薄膜の積層であってもよい。なお、前

述のように、陽極ターゲット薄膜の主体であるタングステンよりも原子番号やX線吸収率が小さく且つ融点が約950℃を超える金属材料の使用が、X線管の製造中または動作中の安定性のうえでとくに好ましい。

【0036】また、この中間薄膜39の厚さは、これとX線透過窓板37または陽極ターゲット薄膜との間の界面剥離を生じない範囲でできるだけ薄い方が望ましい。これを種々検討した結果、陽極ターゲット薄膜40の厚さの、1/50乃至1/2の範囲、より好ましくは、1/30乃至1/3の範囲にすることが望ましいことが確認できた。

【0037】なお、X線透過窓板37の厚さは、動作時も真空容器として安全且つ安定に機能する範囲で、可能な限り薄く構成することが望ましい。

【0038】中間薄膜、或いは陽極ターゲット薄膜の成膜方法は、上述のスパッタリング法に限らず、イオンプレーティング法、或いは真空蒸着法などの、いわゆる物理的蒸着(PVD)法が適する。また、これらの方法の組合わせによって全体を成膜してもよい。

【0039】また、上記のX線という表現には、 γ 線など放射線を含むものとする。

【0040】

【発明の効果】この発明によれば、ベリリウム製X線放射窓板の内面に成膜したタングステン主体のターゲット薄膜の界面剥離を未然に防止でき、信頼性の高い透過放射型X線管およびその製造方法を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態を示すX線管の縦断面図である。

【図2】図1の要部を拡大して示す断面図である。

【図3】図1のX線放射窓板およびターゲット薄膜の組立および成膜プロセスを示す要部縦断面図である。

【図4】この発明の製造方法に適用するスパッタリング装置を示す概略図である。

【図5】この発明の他の実施形態を示すX線管の要部縦断面図である。

【図6】この発明のさらに他の実施形態を示すX線管の要部縦断面図である。

【図7】X線拡大撮影装置を示す概略図である。

【図8】従来のX線管を示す縦断面図である。

【符号の説明】

33…真空容器

34…電子銃

36…X線透過窓保持用リング

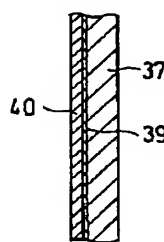
37…X線透過窓板

39…中間薄膜

40…陽極ターゲット薄膜

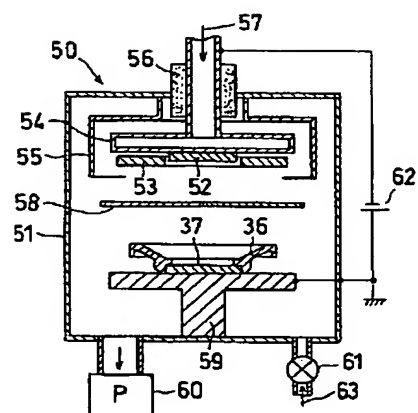
50…スパッタリング成膜装置

【圖 1】



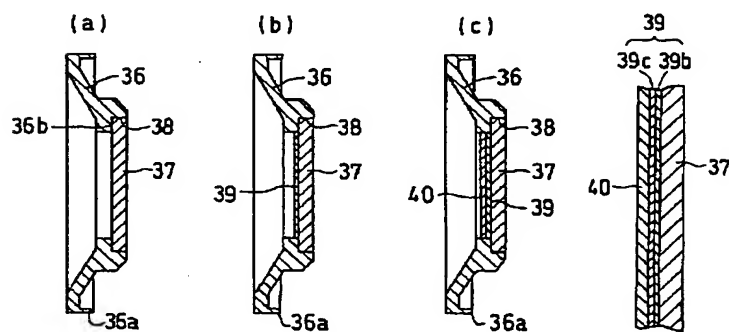
【图2】

【図 4】

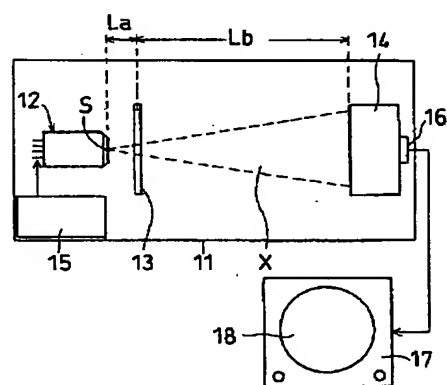


【図 3】

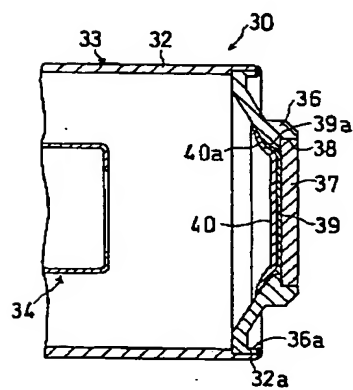
【图6】



【图7】



【图5】



【图 8】

